20 19

Pneumatologische Notizen.

Von

Dr. **Setschenow** in Petersburg.

Die vorliegende Untersuchung war in ihrem jetzigen Umfange bereits Ende Januar dieses Jahres in Heidelberg beendet. Der Grund, warum sie so spät im Drucke erscheint, ist folgender: in den Versuchen, welche den Inhalt dieser Abhandlung bilden, ist fettes Oel als eine Flüssigkeit von sehr niedrigem Absorptionsvermögen für die respiratorischen Gase angenommen worden. Eigentlich für mich war darüber kein Zweifel möglich, nachdem mir einige Vorversuche mit dem Olivenöl nach der Bunsen'schen Methode gezeigt hatten, dass die Absorptionsgrössen des Oels für Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler liegen. Aber insofern mir die genaue Bestimmung dieser Grössen fehlte, glaubte ich mit der Veröffentlichung dieser Abhandlung so lange warten zu müssen, bis mir die Zeit erlauben würde, diese Grundversuche recht genau anzustellen. Meine Abreise nach Russland und verschiedene Umstände, welche damit verknüpft sind, nöthigen mich, auf diese Hoffnung für unbestimmte Zeit zu verzichten. Des langen Wartens müde, entschliesse ich mich, demselben ein Ende zu machen, umsomehr, als durch den bezeichneten Mangel meine Versuche ihren Sinn nicht einbüssen: man braucht nämlich nur anzunehmen, dass die Absorptionsgrössen des Olivenöls für die respiratorischen Gase geringer sind, als die des Blutes und der Milch für dieselben — woran gewiss Niemand zweifeln wird — und die Veröffentlichung meiner Untersuchung in der vorliegenden Form ist gerechtfertigt.

I.

Bei der Beschreibung der neuen Methode, die Gase aus dem Blute zu gewinnen (J. Setschenow, Beitr. z. Pneumat. des Blutes; in dieser Zeitschrift, Bd. X. p. 101) ist bemerkt worden, dass sie an einem Mangel leidet, welcher darin besteht, dass bei der letzten Sammlung der gewonnenen Gase ein Theil dieser durch das in dem Apparate zurückbleibende Blut wieder absorbirt wird und dass dieser Fehler besonders fühlbar in der Menge der chemisch gebundenen Kohlensäure sich erweist. Es ist klar, dass dieser Uebelstand vollkommen beseitigt wäre, wenn wir eine Flüssigkeit besässen, deren Absorptionsvermögen für die Gase des Blutes Null wäre, welche ausserdem chemisch indifferent gegen das Blut sich verhielte, zugleich damit specifisch leichter als dieses und unmischbar mit demselben wäre. So eine Flüssigkeit dem Blute zugesetzt, würde immer darauf schwimmen und dasselbe von den Gasen trennen. In Ermangelung dieser ideellen Flüssigkeit kann zu dem Zwecke fettes Oel gebraucht werden. Seine Eigenschaften stimmen mit den aufgezählten ziemlich überein. Die Art und Weise, wie es gebraucht werden muss, zeigen die nächstfolgenden Versuche.

1. Versuch. Um die Benetzung der Wände von B und B_1 (a. a. O. Fig. 2) zu verhindern, verfuhr ich folgendermaassen: an den Querfortsatz D war ein doppeltes Rohr angebunden und das obere Stück desselben (der Apparat in horizontaler Lage gedacht) mit heissem Olivenöl gefüllt. Der vorher mit Quecksilber luftfrei gefüllte Apparat wurde nun aufrecht gestellt, das Vacuum bis unterhalb des Querfortsatzes D gebildet, das Oel in B_1 eingelassen und die Oelschicht durch das Oeffnen der Klemme b hinauf, dann auf gewöhnliche Weise bis unterhalb des Querfortsatzes C hinuntergetrieben. Auf diese Weise wurden die Wände von B und B_1, ehe das Blut zu kochen anfing, mit Oel benetzt. Die Oelbedeckung blieb in B_1 bis zu Ende des Versuches, die Wände des unteren Stückes aber verloren dieselbe, weil hier das Kochen des Blutes viel stärker ist und in Folge dessen eine innige Mischung dieser Flüssigkeit mit dem Oele (Emulsion) entsteht. Der letzte Umstand ist wahrscheinlich Schuld daran gewesen, dass die Ausscheidung des Sauerstoffes aus dem Blute keine vollständige war: nach Beendigung des Versuches, d. h. wenn keine Gase mehr ausgeschieden werden konnten, behielt nämlich das Blut noch einen Stich in's Rothe. Dasselbe ergiebt sich aus der Analyse der gewonnenen Gase.

Volumen d. art. Blut. eines Hundes = 65,78.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr. in M.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Aufgel. Gas. in I. Nass . . .	24,851	3° C.	0,7111	17,479
„ „ „ II. „ . . .	15,433	3° C.	0,6879	10,501
Nach Abs. d. CO_2 in I. . .	8,3365	3° C.	0,6158	5,077
„ „ „ „ „ II. . .	6,4551	3° C.	0,6344	4,050
Eud. B m. H. Nass	78,636	3° C.	0,3029	23,560
Gas aus I. u. II. in B ohne Verl.	91,616	3,2° C.	0,3610	32,690
Nach Explos.	52,872	1,4° C.	0,2286	12,024

Folglich	CO_2	O	N	
65,78 Th. Blut enthalten . .	18,853	6,888	2,239	oder
100 „ „ „ . .	28,66	10,47	3,40	

In diesem Versuche ist bei der Gasanalyse zu wenig Wasserstoff genommen worden, folglich ist die für Sauerstoff erhaltene Zahl zu gross. Sie ist nichtsdestoweniger sehr niedrig im Vergleich mit dem normalen Gehalt des arteriellen Blutes an Sauerstoff (15—16 %). Die Zahlen für CO_2 und N scheinen dagegen von den normalen nicht abzuweichen. Die Erörterung der interessanten Frage, weshalb die vollständige Ausscheidung des Sauerstoffes aus dem Blute beim Mischen desselben mit Oel unmöglich wird, behalte ich mir vor. Jetzt hat die Thatsache für uns nur folgende Bedeutung: so lange das Blut Sauerstoff enthält, darf kein Oel demselben zugemischt werden.

Im 2. Versuche wurde also das Oel in B_1 unmittelbar vor der letzten Sammlung der aufgelösten Gase eingeführt. Diese zu analysiren, wäre vollkommen überflüssig: die Dienste, welche hier das Oel geleistet hat, sind von selbst verständlich und die Gasanalyse würde diese Dienste nicht klarer machen. Anders in Betreff der chemisch gebundenen Kohlensäure — hier war es zu entscheiden, ob nicht die während des Kochens entstehende Emulsion auch der Ausscheidung dieses Gases hinderlich wäre. Der Versuch ergab, dass es nicht der Fall ist:

Blutmenge = 66,12.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr.	Red. Vol.
Chemisch geb. CO_2 in I. Nass	8,3916	9,4° C.	0,6057	4,913

Es muss aber sogleich bemerkt werden, dass, obgleich das Kochen des Blutes für die Austreibung der chemisch gebundenen CO_2 nicht lange dauert, die Emulsion dieser Flüssigkeit mit Oel dennoch entsteht, folglich bleibt der letzte Blutrest in B bei letzter Gassammlung ohne Oelbedeckung. Deshalb thut man am besten, wenn man nicht die ganze Menge Oel auf einmal in B_1 einführt, sondern bei der letzten Sammlung

der aufgelösten Gase die eine Hälfte davon, bei der letzten Sammlung der chemisch gebundenen CO_2 die andere. Da der Querfortsatz *D* aber unter anderem zum Auffangen der Gasreste dient, so ist es rathsam, noch einen zweiten Querfortsatz an das Rohr B_1 anzubringen. Das obere Querstück (der Apparat in verticaler Lage gedacht) zum Füllen des Apparates mit Quecksilber, zum Einführen der Säure und zum Auffangen der Gasreste, das untere zum Einführen des Oeles. Nachdem auf diese Weise der einzige Mangel der Methode zum grössten Theile aufgehoben ist, erwähne ich noch eines Vortheiles, welcher daraus für die Methode erwächst. Es ist nämlich klar, dass beim fortbestehenden Mangel der Methode es kaum erlaubt war, die Blutmenge so klein als möglich zu nehmen: je geringer die Gasmenge, desto empfindlicher der Gasverlust. Nun ist es möglich, nur so viel Blut zu nehmen, dass es eine für die eudiometrische Analyse hinreichende Menge Gas giebt. Für arterielles Blut sind 30 CC. schon hinreichend, für venöses 50. Dadurch ist man in Stand gesetzt, auch dem Apparate kleinere Dimensionen zu geben.

Zum Schlusse führe ich einen Versuch mit venösem Blute (aus V. jugularis) an:

Blutmenge = 65,92.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr.	Red. Vol.
Aufgel. Gase in I. Nass . .	27,974	5,4° C.	0,7288	19,992
„ „ „ II. „ . .	9,9262	5,4° C.	0,6611	6,435
Nach Abs. d. CO_2 beide in I. ohne Verl. vereinigt . . .	5,3545	5,6° C.	0,6144	3,223
Eud. A mit Wasserst.	86,297	9° C.	0,3598	30,06
Mit Gas	90,321	8,8° C.	0,3788	33,145
Nach Explos.	77,347	8,6° C.	0,3384	25,375

Folglich	CO_2	O	N
65,92 Th. Blut enthalten . .	23,204	2,705	0,518 oder
100 „ „ „ . .	35,21	4,10	0,78

II.

Die Untersuchung des Gasgehaltes der flüssigen thierischen Secrete, welche im Organismus geraume Zeit ohne Berührung mit der atmosphärischen Luft verweilen, und die gleichzeitige Bestimmung des Absorptionsvermögens dieser Secrete für die Gase des Blutes kann für die Physiologie der parenchymatösen Respiration von hoher Bedeutung werden, insofern wir dadurch Winke für die Mischung der Gase im capillären Blute und somit für die Schicksale der in den Lungen absorbirten

atmosphärischen Luft innerhalb des arteriellen Systems gewinnen können. Dieses im Auge behaltend, beabsichtigte ich eine Reihe von Untersuchungen in bezeichneter Richtung mit den thierischen Secreten zu unternehmen. Diese Reihe ist mit der Bestimmung des Gasgehaltes der Milch eröffnet worden.

Zur Zeit, wo ich den Gegenstand zu bearbeiten anfing und die Methode der Aufsammlung der Milch ohne Berührung mit der Luft bereits gefunden war, existirten keine Bestimmungen des Gasgehaltes dieser Flüssigkeit, welche einen Anspruch auf Genauigkeit haben könnten. Erst im December des vorigen Jahres erschien in Virchow's Archiv eine Arbeit von Dr. Fel. Hoppe: „Untersuchungen über die Bestandtheile der Milch und ihre nächsten Zersetzungen," wo dieser Gegenstand berührt worden ist. Der Verfasser giebt aber selbst zu, dass seine Methode der Milchaufsammlung (S. 439) keine vollkommene ist, und deshalb kommt er zu keinem festen Schlusse in Bezug auf den Sauerstoff- und Stickstoffgehalt dieser Flüssigkeit. Der Versuch mit der Ziegenmilch ergab ihm folgende Werthe:

	CO_2	O	N
100 Th. Milch enthalten	1,88	0,16	1,38

Die chemisch gebundene Kohlensäure hat er nicht bestimmt.

Ich experimentirte mit Kuhmilch. Sie wurde unter eine 4—5 Centim. dicke Schicht Olivenöl (des besten, welches ich in Heidelberg finden konnte) gemolken, wobei die Zitze in das Oel eintauchte. Das vorher mit Quecksilber gefüllte Gefäss *F* (Beitr. zur Pneumat. d. Bl. Fig. 2) wurde nun mit dem an dessen Hals angebundenen Kautschukrohr in die Milchschicht umgeworfen und das Aufsteigen der Milch durch die am Kautschukrohre sitzende Klemme *d* regulirt. Alle übrige Operationen sind wie beim Auskochen der Gase aus dem Blute.

1. Versuch. Milchmenge = 67,50.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr.	Red. Vol.
Aufgel. Gase in II. Nass . .	8,0377	13,9 ° C.	0,6448	4,932
Nach Zusatz d. Wasserst. . .	17,244	12,3 ° C.	0,6974	11,508
Nach Abs. d. CO_2	11,820	8,6 ° C.	0,6709	7,688

Bei der O-Bestimmung ist durch Unvorsichtigkeit eine Luftblase in das Absorptionsrohr eingedrungen.

Keine chemisch gebundene Kohlensäure.

Folglich	freie Kohlens.	O + N	chemisch geb. CO_2	
67,50 Th. Milch enth. . .	3,820	1,112	Null	oder
100 „ „ „ . .	5,65	1,64	Null	

In diesem Versuche wurde die Menge der Milch eben so gross wie die des Blutes in den oben angeführten Versuchen genommen. Und da der Versuch viel geringere Werthe für den Gasgehalt der Milch im Vergleich mit dem des Blutes ergab, so nahm ich zu nächstfolgenden Versuchen grössere Quantitäten Milch — der Recipient betrug über 300 CC. Inhalt. Dadurch wurde die Gasanalyse bequemer und genauer.

2. Versuch. Milchmenge — 297,5.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr.	Red. Vol.
Aufgel. Gase in I. Nass . .	29,508	6 ° C.	0,7564	21,84
„ „ „ II. „ . .	4,531	6 ° C.	0,6472	2,869
Nach Abs. d. CO_2 beide in I.				
Ohne Verl.	7,624	4,9 ° C.	0,6274	4,699
Eud. A mit H. Nass . . .	64,153	4,8 ° C.	0,2938	18,522
Mit Gas aus I.	71,185	5 ° C.	0,3256	22,761
Nach Zus. d. Knallg. entst. keine Expl.				
Mit Knallgas	75,821	3,3 ° C.	0,3411	25,562
Nach Abs. d O. m. pyrogall. Kali	72,315	3 ° C.	0,33812	24,185

Keine chemisch gebundene Kohlensäure.

Folglich	fr. CO_2	O	N	geb. CO_2	
297,5 Th. Milch enth.	20,01	0,492	4,207	Null	oder
100 „ „ „	6,72	0,16	1,41	Null	

3. Versuch. Milchmenge = 256,3.

	Beob. Vol.	Temp.	Dr.	Red. Vol.
Aufgel. Gase in II. Nass . .	23,804	1,4 ° C.	0,7246	17,160
Nach Absorpt. d. CO_2 . . .	6,7787	0,1 ° C.	0,6326	4,286
Nach Abs. d. O	5,5201	0,1 ° C.	0,6250	3,448

Keine chemisch gebundene Kohlensäure.

Folglich	fr. CO_2	O	N	geb. CO_2	
256,3 Th. Milch enth.	12,874	0,838	3,448	Null	oder
100 „ „ „	5,01	0,32	1,34	Null	

Die Betrachtung der für Sauerstoff und Stickstoff erhaltenen kleinen Zahlen erweckt unwillkührlich den Gedanken, dass diese Gase ihr Dasein einer zufälligen Verunreinigung durch die atmosphärische Luft verdanken. In Betreff des Stickstoffes

ist dies aber entschieden nicht der Fall. Es giebt nämlich nur drei Verunreinigungsmöglichkeiten in der Methode: es könnte beim Füllen des Apparates mit Quecksilber ein Luftbläschen darin geblieben sein, oder während des Kochens von aussen in denselben eindringen, oder endlich enthielt das als Bedeckung angewandte Oel atmosphärische Luft in Auflösung und ein Theil dieser hat in die darunter liegende Milch überdiffundirt. In den zwei ersten Fällen würde die Verunreinigung aus atmosphärischer Luft bestehen, folglich müsste die Gasanalyse eine Stickstoffmenge ergeben, welche der Zusammensetzung dieser Mischung entspräche — in den zwei letzten Versuchen aber ist das Verhältniss der Stickstoffmenge zu der des Sauerstoffes viel grösser als in der atmosphärischen Luft. Was die dritte Möglichkeit betrifft, so ist sie eben so wenig haltbar, wie die zwei ersten: man würde nämlich in diesem Falle zu der Annahme genöthigt sein, dass die Auflösungscoëfficienten des Stickstoffes in der Milchflüssigkeit grösser sind, als die des Sauerstoffes — eine Annahme, welche absurd ist, insofern die Milchflüssigkeit eine wässerige Lösung ist. Das Vorhandensein des Stickstoffes in der Milch erscheint übrigens als eine logische Nothwendigkeit, wenn man bedenkt, dass in der Drüse die Flüssigkeit des Blutes und die der Milch nur durch die dünnen Wände der Capillaren von einander getrennt sind und dass die erste Stickstoff in Auflösung enthält. Man kann dennoch nicht behaupten, dass die für Stickstoff erhaltene Zahl den wahren Gehalt der Milch an diesem Gase ausdrückt, weil in Betreff des wirklichen Aufgelöstseins des Sauerstoffes in dieser Flüssigkeit kein augenscheinlicher Beweis gegeben werden kann. Es sollte dazu füierst bewiesen werden, dass ein Theil des Sauerstoffes im arteriellen Blute in wirklicher Auflösung sich befindet, oder dass die Verbindung des Sauerstoffes mit den Blutkörperchen im Verlaufe des Blutes durch die Arterien gelockert wird. Mir scheint das Vorhandensein des Sauerstoffes in der Milch aus folgenden Gründen unzweifelhaft zu sein:

1) die Absorptionsgrösse des Olivenöls für Sauerstoff ist meiner Ueberzeugung nach gleich oder beinahe gleich Null, folglich konnte vom Oel aus keine Verunreinigung entstehen;

2) die Spuren von Luft, welche beim Füllen des Apparates mit Quecksilber in demselben bleiben, können die für Sauerstoff erhaltenen Werthe nicht erklären;

3) der Apparat schloss so vollkommen, dass ich beim Sammeln der chemisch gebundenen Kohlensäure in dem Gasrecipienten niemals mehr als ein erbsengrosses Gasbläschen

bekam, dessen Temperatur wenigstens 30° C. betrug und welches unter dem Drucke höchstens $^1/_4$ Atmosphäre sich befand. Man muss dabei nicht vergessen, dass dieses Bläschen eher als Rest der vorher nicht vollständig gesammelten Gase als die von aussen eingedrungene Luft zu betrachten ist.

Gesetzt, die für Sauerstoff und Stickstoff erhaltenen Zahlen drückten den wahren Gehalt der Milch an diesen Gasen aus, gesetzt, die Flüssigkeiten des Blutes und der Milch hätten beinahe gleiche Absorptionscoëfficienten für diese Gase, dann würden unsere Zahlen als Ausdruck der Spannung des in dem Capillarblute wirklich aufgelösten Stickstoffes und Sauerstoffes dienen können. Für Kohlensäure ist dieses nicht der Fall, weil die Milchflüssigkeit phosphorsaure Alkalien enthält, welche die Kohlensäure chemisch binden.

Das letzte durch die Untersuchung gelieferte Factum, nämlich die Abwesenheit der chemisch gebundenen Kohlensäure in der Milch, hat folgende nicht uninteressante physiologische Bedeutung: bei den Pflanzenfressern, deren Blut bekanntlich immer kohlensaure Alkalien enthält, gehen diese Salze in die Milch nicht über.

Schliesslich erlaube ich mir meinen wärmsten Dank Herrn Professor Helmholtz für seine gütige Erlaubniss, in seinem Laboratorium zu arbeiten, auszusprechen.
